

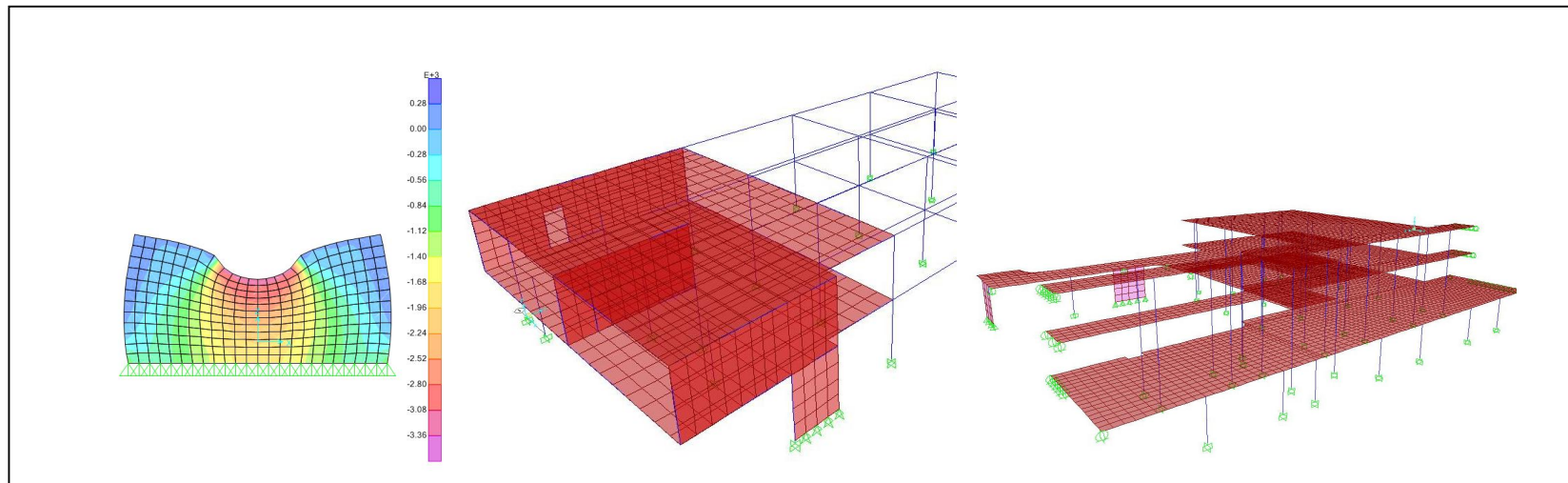
CURSO PARA MANEJO DEL SOFTWARE SAP2000 Advanced versión 15.1.0

MASTER EN ESTRUCTURAS DE LOS EDIFICIOS Y SU REHABILITACIÓN.
EUATM-UPM

Profesor: Sergio Rodríguez Morales
Dpto. de Estructuras de Edificación de SSTT de FCC Construcción

Correo electrónico: srodriguezmfcc@fcc.es

UNIDADA 2. Modelización de edificios





OBJETIVOS DE LA CLASE DE HOY:

En la unidad didáctica que hoy desarrollaremos se pretenden los siguientes objetivos:

- Seguir empleando las técnicas de modelización explicadas en la unidad anterior.
- Definir un diafragma rígido mediante la orden *Constraints* para simular el forjado.
- Creación de grupos para organizar la estructuras en conjuntos que permitan la consulta de resultados de forma más ordenada.
- Utilización del CTE de la Edificación “Bases de Cálculo y Acciones en la Edificación” para definir las cargas actuantes sobre la estructura y las combinaciones de cálculo.



1 Estructura 3. Modelización de edificio de viviendas de 6 plantas en Lorca (Murcia).

1.1 Datos de partida:

Se trata de un edificio de estructura de hormigón armado cuya tipología resistente consiste en pórticos de vigas de cuelgue y pilares, sobre los que apoya un forjado unidireccional de vigueta y bovedilla. El cerramientos exterior se resuelve mediante un pie de ladrillo perforado. El edificio se desarrolla en planta con forma de "H" y tiene seis niveles de forjado sobre rasante. Se pide modelizar la estructura teniendo en cuenta los siguientes datos y condicionantes:

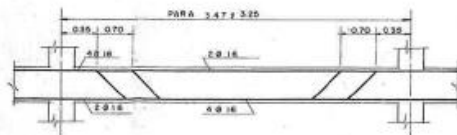
- 1) Pilares de dimensiones $30 \times 30 \text{ cm}^2$ de cimentación a planta baja, y de $25 \times 25 \text{ cm}^2$ en el resto de altura.
- 2) Forjado unidireccional de bovedilla de mortero de canto total 25 cm (20+5), apoyada encima de viga de canto de dimensiones $35 \times 25 \text{ cm}^2$.
- 3) A efectos de de la modelización de las cargas se adoptarán los valores recogidos en el CTE-DB-SE: Acciones en Edificación.
- 4) Como material se adoptará un hormigón con una resistencia característica de 12.5 MPa. Las características del material como por ejemplo el módulo de elasticidad, se obtendrán de acuerdo a las especificaciones recogidas en la actual EHE.
- 5) De acuerdo a la documentación gráfica encontrada en el ayuntamiento, se cuenta con estos datos:



PLANTA DE PISOS

ESCALA 1:50

CUADRO DE SUPERFICIES		
VIVIENDA	UTIL-M ²	CONSTR-M ²
A	60.83	71.60

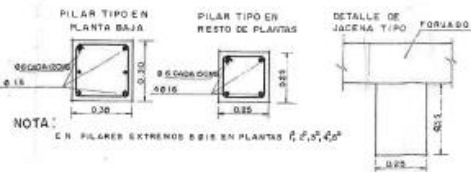


PORTICO TIPO

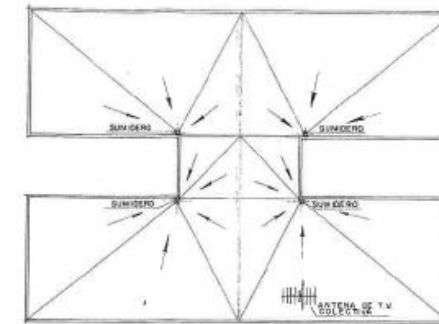
ESCALA 1:20

NOTAS:

ESTRIBOS DE VIGAS DE CADA 10 CM. ENTRE BARRAS DOBLADAS.
ESTRIBOS DE VIGAS DE CADA 20 CM. ENTRE VANOS.

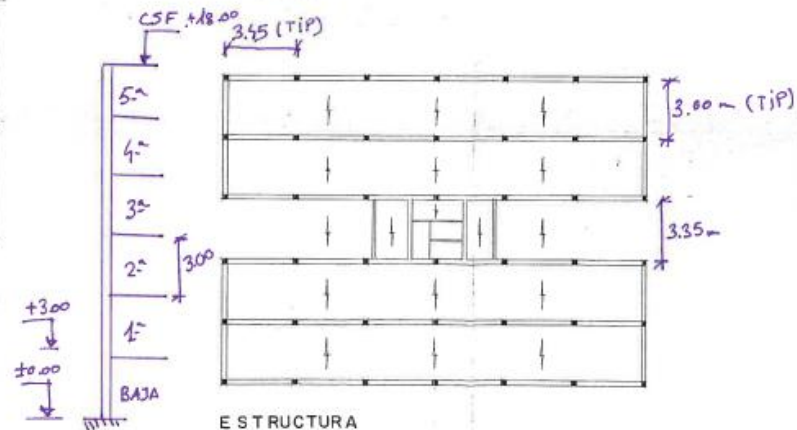


NOTA:
EN PILARES EXTREMOS DEBE EN PLANTAS 1, 2, 3, 4



CUBIERTAS

ESCALA 1:100



ESTRUCTURA

ESCALA 1:100

20 VIVIENDAS SUBVENCIONADAS
Y LOCALES

DISEÑADO	PLANTA DE PISOS, CUBIERTA
DIBUJADO	ESTRUCTURA Y PORTICO
REVISADO	
ABETO 1.987	PROYECTO INI PROPIETARIO ARQUITECTO

6) El edificio existe y fue reforzado tras el terremoto de acaecido en Lorca en 2011.

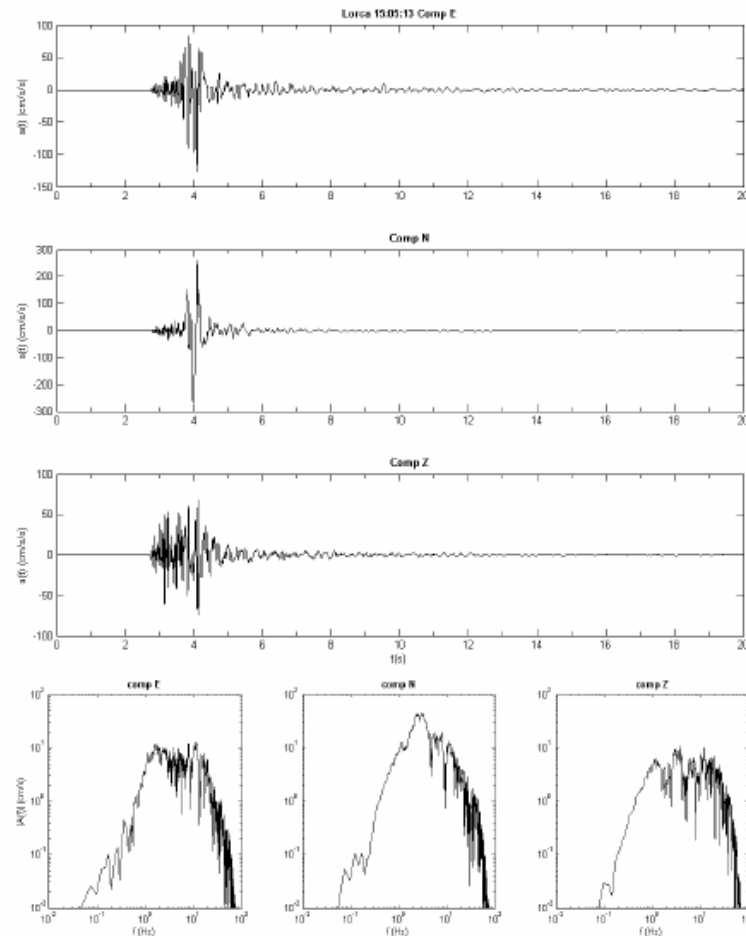


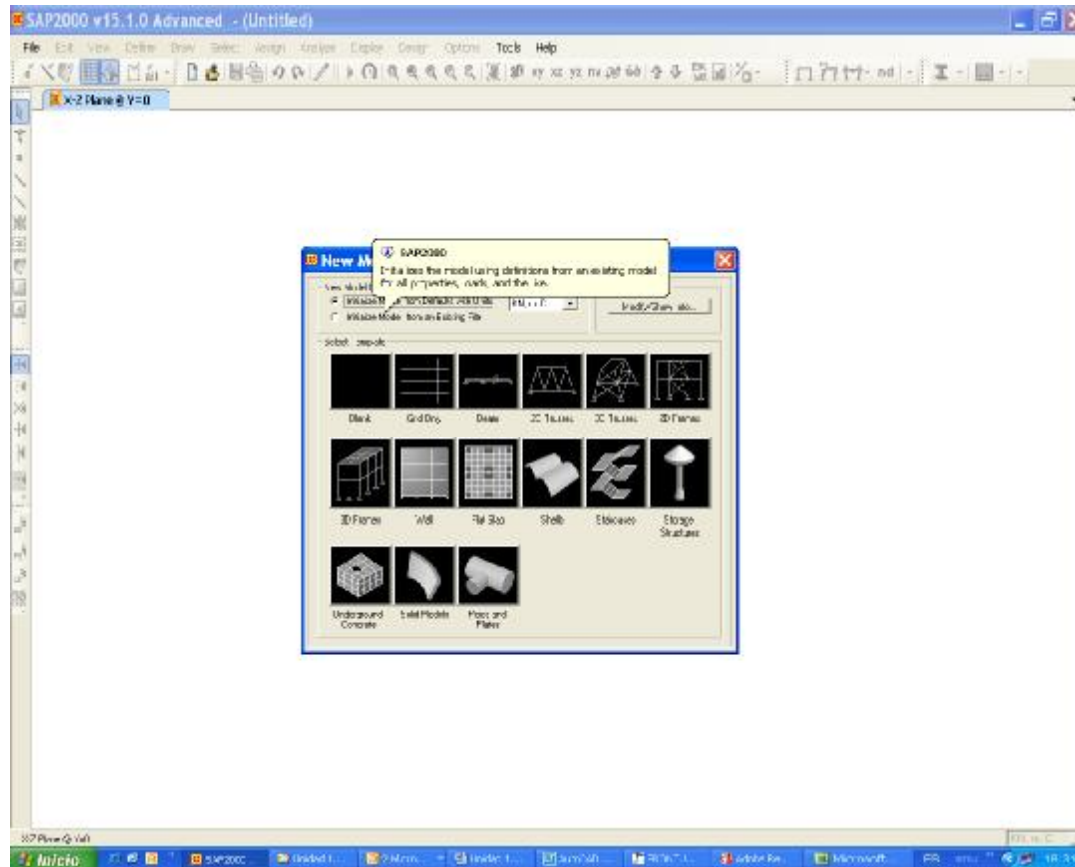
Figura 4.2. Terremoto 11/05/2011 15:05:13 (UTC), Mw=4.5. Acelerogramas y espectros de amplitud de Fourier registrados en Lorca.



1.2 Modelización del edificio:

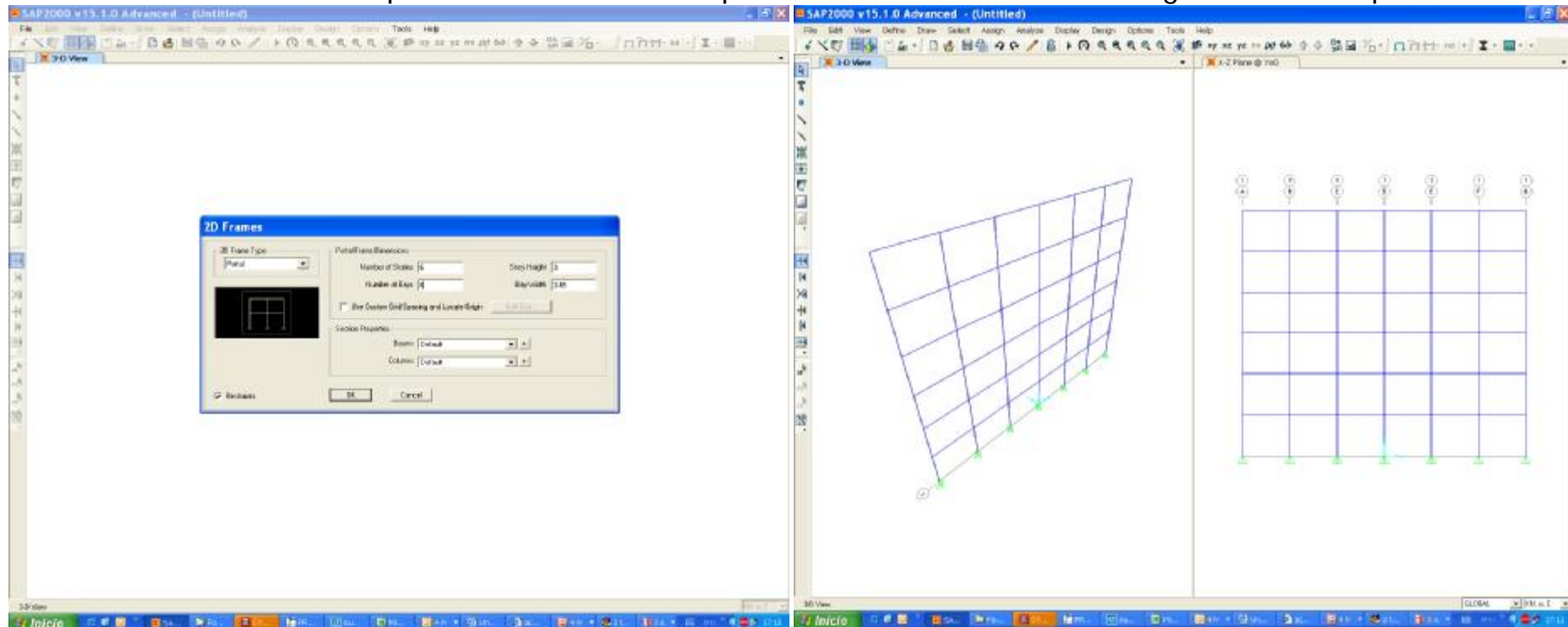
Definición de modelo mediante plantilla:

Tras acceder por medio del menú desplegable *File/New Model*, optaremos por la opción **2D Frame** (Pórtico 2D). La idea es modelizar un pórtico extremo como tipo.





La plantilla nos pide definir ¿cuántos plantas, vanos, altura entre plantas y luz del vano definen nuestro pórtico? En nuestro caso tendremos 6 plantas, 6 vanos, 3.00 m de altura entre caras de forjado y 3.45 metros de luz de vano. Empezaremos a definir el pórtico de fachada inferior según se mira el plano.

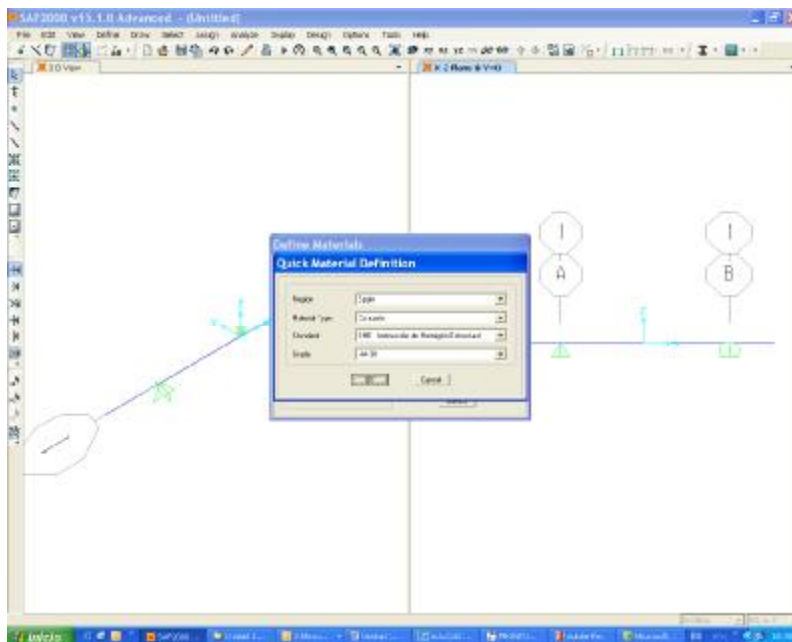


NOTA I mportante: Por defecto el programa SAP define los apoyos sin restricción al giro. En nuestro caso queremos los pilares empotrados en cimentación por lo que una vez seleccionados los nudos, asignaremos mediante [Assign/JOINT/Restriants/ Fixed](#), la condición de empotramiento.

1.3 Definición de materiales, secciones e hipótesis de carga:

1.3.1. Creación del material hormigón HA-12.5

Una vez terminada la geometría se pasará a definir el material que emplearemos, en este caso un hormigón con un $f_{ck}=12.5$ MPa. Para ello emplearemos los comandos que encontraremos en el menú desplegable **DEFINE/Materials/Add New material**. En nuestro caso en el menú desplegable Region optaremos por "User" y en el material por "Concrete" (Hormigón).



39.6 Módulo de deformación longitudinal del hormigón

Como módulo de deformación longitudinal secante E_{cm} a 28 días (pendiente de la secante de la curva real σ - ϵ), se adoptará:

$$E_{cm} = 8500 \sqrt{f_{cm}}$$

Dicha expresión es válida siempre que las tensiones, en condiciones de servicio, no superen el valor de $0,40 f_{cm}$, siendo f_{cm} la resistencia media a compresión del hormigón a 28 días de edad.

Para cargas instantáneas o rápidamente variables, el módulo de deformación longitudinal inicial del hormigón (pendiente de la tangente en el origen) a la edad de 28 días, puede tomarse aproximadamente igual a:

$$E_s = \beta_R \cdot E_{cm}$$

$$\beta_R = 1,30 - \frac{f_{ck}}{400} \leq 1,175$$

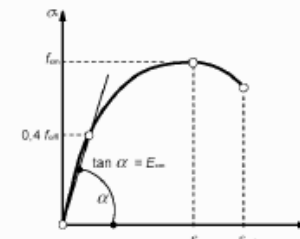


Figura 39.0. Representación esquemática de la relación tenso-deformacional del hormigón



Al hormigón le llamaremos HA-12.5 y tendrá las siguientes propiedades:

- De acuerdo al artículo 39.6 de la EHE el módulo de elasticidad a adoptar para nuestro material y a falta de una campaña de ensayos rigurosa puede ser el siguiente:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ _MPa}$$

$$E_{cm} = 8500 \cdot \sqrt[3]{f_{cm}}$$

$$E_{cm} = 8500 \cdot \sqrt[3]{12.5 + 8} = 23263 \text{ _MPa}$$

$$E_{cm} = 8500 \cdot \sqrt[3]{12.5 + 8} \approx 23000 \text{ _MPa} = 23 \cdot 10^6 \text{ _KN / m}^2$$

- Una densidad aparente de 25 KN/m³.
- Una resistencia característica de 12.5 MPa o 12500 KPa.

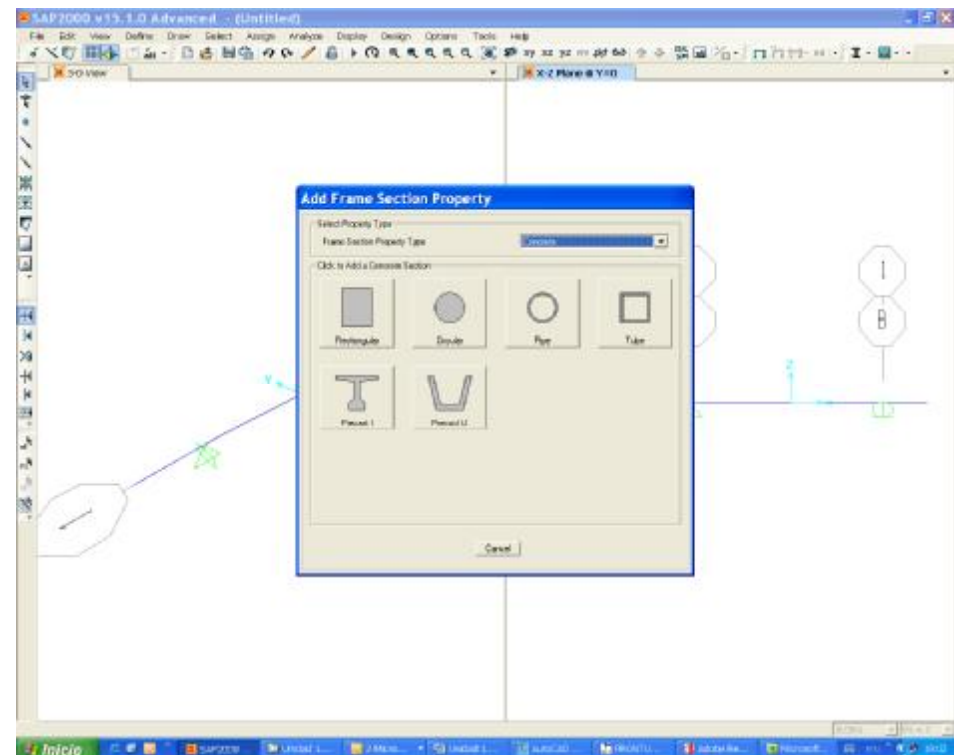


1.3.1. Definición de las secciones correspondientes a las vigas y a los pilares

Procederemos con el comando **DEFINE/Section Properties/Frame sections/Add new property**. En nuestro caso la estructura es de hormigón y las secciones son rectangulares. Crearemos las siguientes secciones:

<u>Descripción</u>	<u>Nombre SAP2000</u>
Pilar cimentación baja	P30x30
Pilar resto de casos	P25x25
Vigas descolgada	V35x25(Cantoxancho)

NOTA IMPORTANTE: Cuando se definan las secciones escoger el material nuevo creado HA-12.5.





1.3.1. Definición de las hipótesis simples y de los valores de carga:

La estimación de las cargas actuantes sobre la estructura de la vivienda son:

Planta vivienda

<u>Descripción de la carga</u>	<u>Nombre SAP2000</u>	<u>Valor</u>
Peso propio del forjado		2.70 KPa
Pavimentos y tabiquería		<u>1.80 KPa</u>
	Perm_Viv (Dead)	4.50 KPa
Sobrecarga de uso	SCU_viv (Live)	2.00 KPa
Cerramiento	Cerr (Dead)	9.00 KN/m

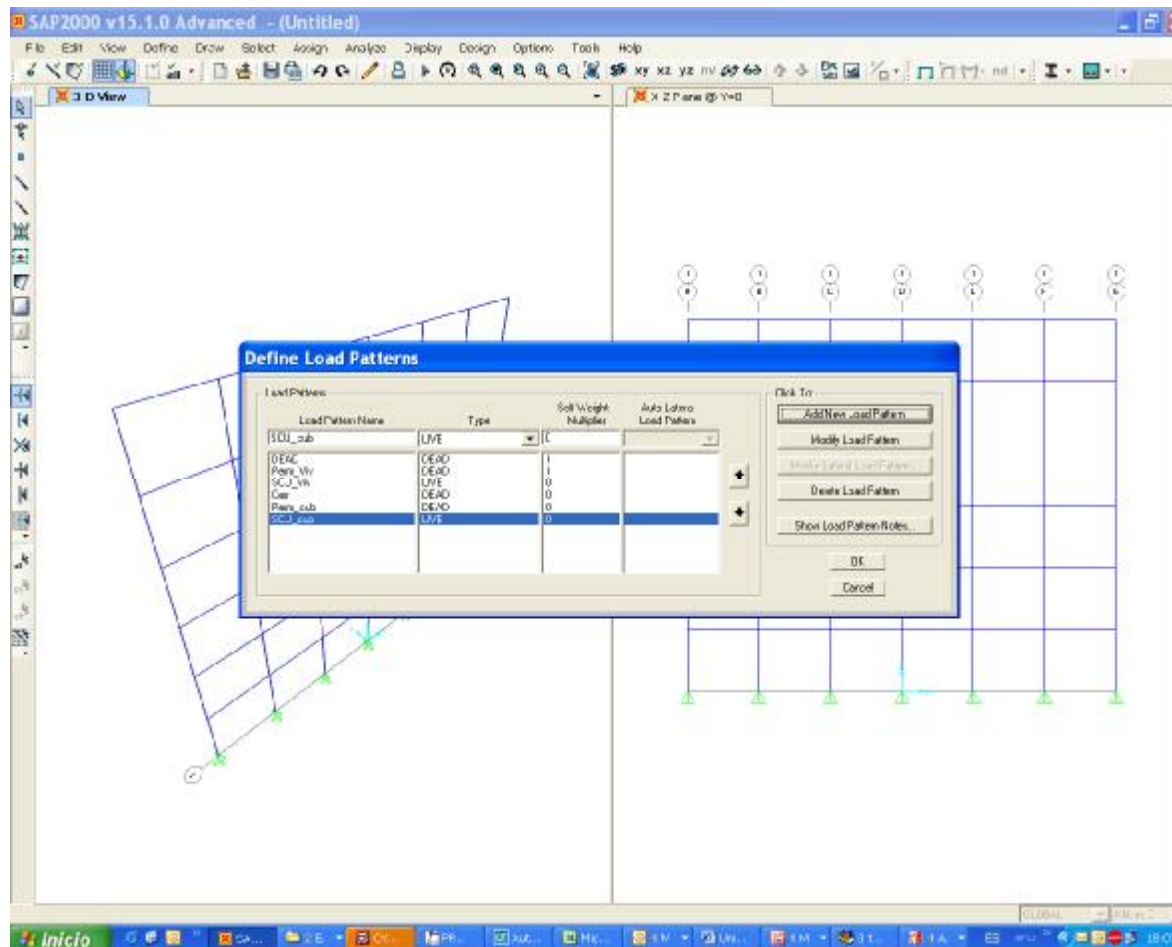
Planta Cubierta

<u>Descripción de la carga</u>	<u>Nombre SAP2000</u>	<u>Valor</u>
Peso propio del forjado		2.70 KPa
Cubrición		<u>2.20 KPa</u>
	Perm_cub (Dead)	4.90 KPa
Sobrecarga de mantenimiento	SCU_cub (Live)	1.00 KPa
Cerramiento peto	Cerr (Dead)	4.00 KN/m

(*) **Nota:** Los textos entre paréntesis son las descripciones que el programa obliga a realizar a la hora de definir las hipótesis simples. NO es necesario su transcripción.



De acuerdo a la orden [DEFINE/Load patterns](#) se irán creando cada una de las cargas definidas en la página anterior:





Si se quisiera combinar o sumar las dos acciones antes descritas es necesario definir una combinación de cargas. Esto puede hacerse mediante la orden [DEFINE/Load combinations/Add new combo](#). En nuestro ejemplo definiremos las siguientes combinaciones de carga

Descripción de la combinación

Nombre SAP2000

1.35*Perm_Viv

+1.35*Cerr

+1.35*Perm_cub

+1.5*SCU_viv

+1.5*SCU_cub

ELU_1

1.0*Perm_Viv

+1.0*Cerr

+1.0*Perm_cub

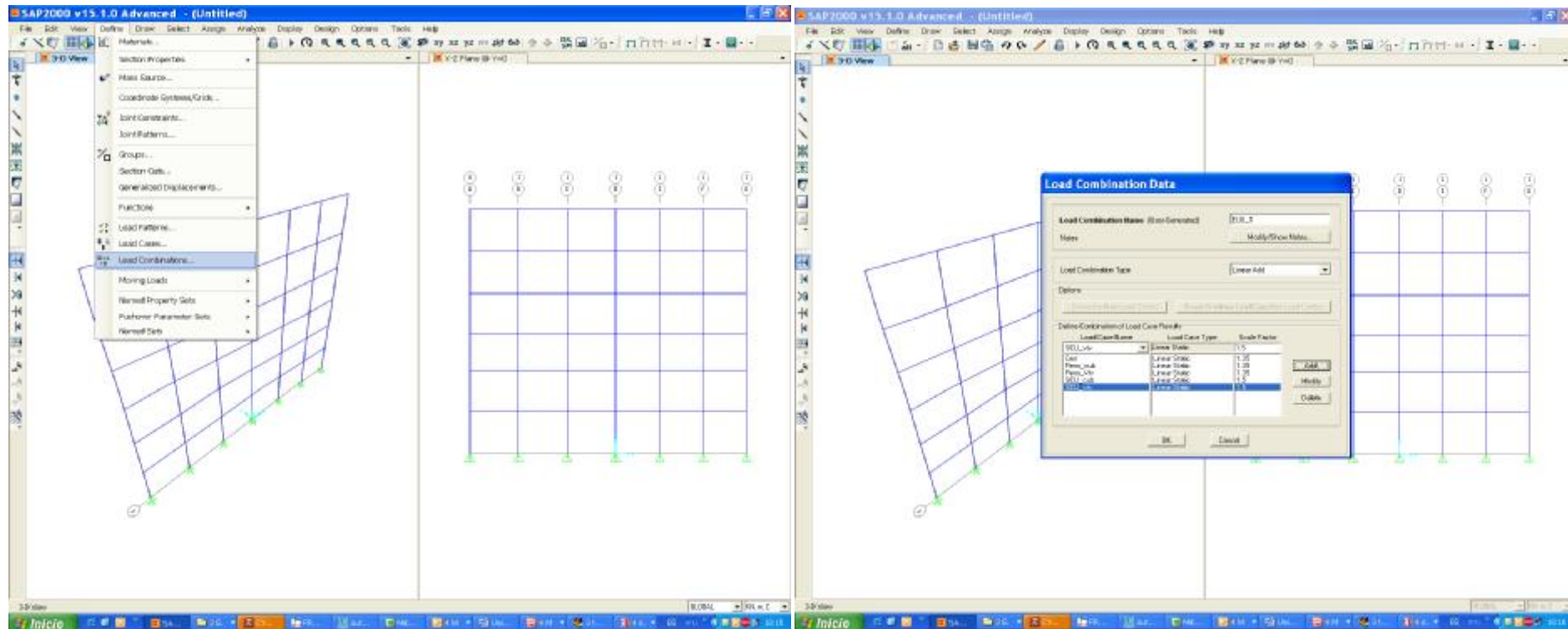
+1.0*SCU_viv

+1.0*SCU_cub

ELS_1



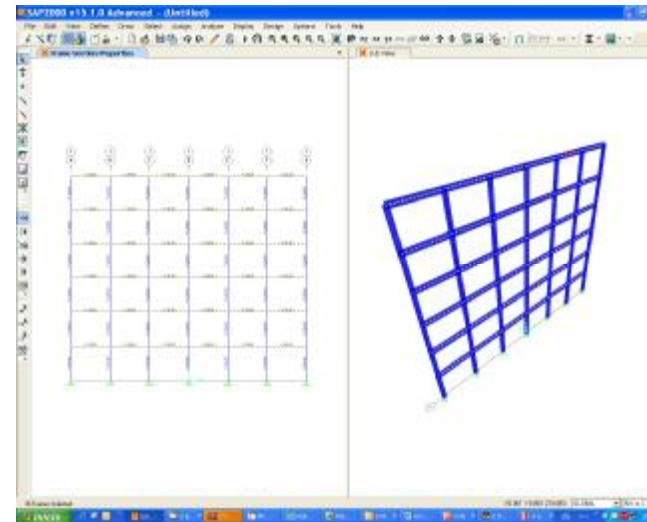
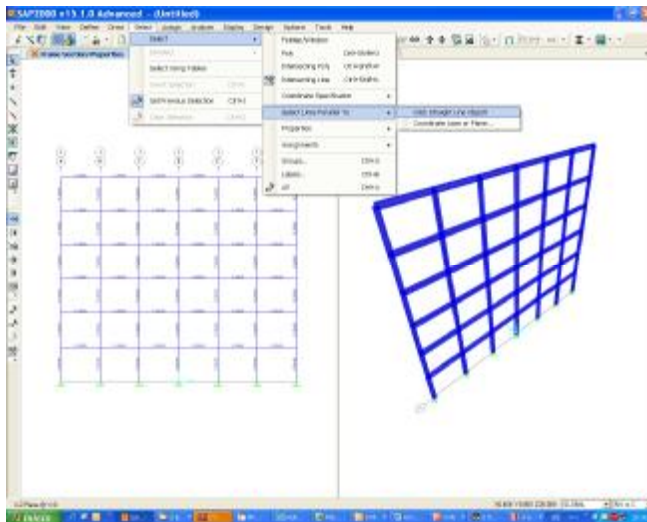
Se muestra la creación de la combinación ELU_1 donde se van escalando cada una de las hipótesis simples (Load Cases) por los coeficientes de seguridad o de mayoración de acciones, actualmente en vigor 1.35 para las cargas permanentes y 1.50 para las cargas de naturaleza variable. En el caso de la combinación ELS_1 NO se afectarán por ningún coeficiente las acciones antes definidas.



1.4. Asignar propiedades y cargas al modelo definido.

1.4.1.) Asignación de sección del elemento ASSIGN/Frame sections

Como antes procederemos a asignar las secciones a cada viga y pilar que forma el pórtico, pero siempre antes habiendo seleccionado el elemento. Una forma rápida de seleccionar barras como por ejemplo las vigas es emplear la orden [Select/Select/Select lines parallel to/Click straight Line Object](#), orden que permite seleccionar todas las vigas paralelas a la que se toca primero.



NOTA: No es necesario asignar el material si este ha sido previamente definido durante la creación de las secciones.



B.1.4.2.) **Asignación de cargas** a los elementos barras con [ASSIGN/Frame loads/Distributed](#)

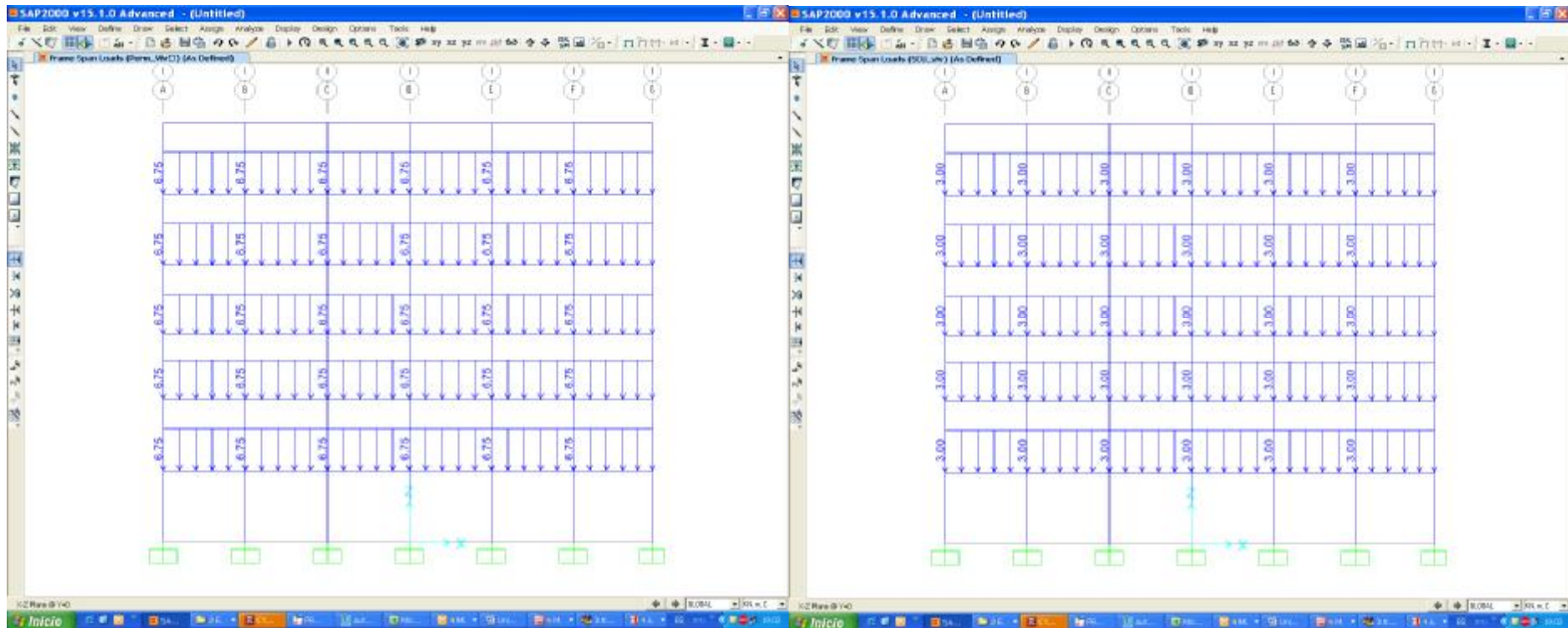
En modelos de edificios el gran número de cargas que pueden generarse por cada hipótesis puede resultar difícil de gestionar. A este respecto recomendamos ser cuidadosos y metódicos. Una posible forma de seguir dicho orden es guardar y preprocesar la información con una hoja de cálculo. Conociendo los valores de las accuiones y el ancho tributario que le corresponde al pórtico que estamos definiendo, las cargas uniformemente repartidas a las vigas del pórtico son las siguientes:

Pórtico de fachada inferior

Carga SAP2000	Valor (KPa)	At (M)	Carga lineal (KN/m)
Perm_Viv	4.5	1.5	6.75
Perm_cub	4.9	1.5	7.35
SCU_viv	2	1.5	3
SCU_cub	1	1.5	1.5
Cerr,fachada			9
Cerr,Peto			4

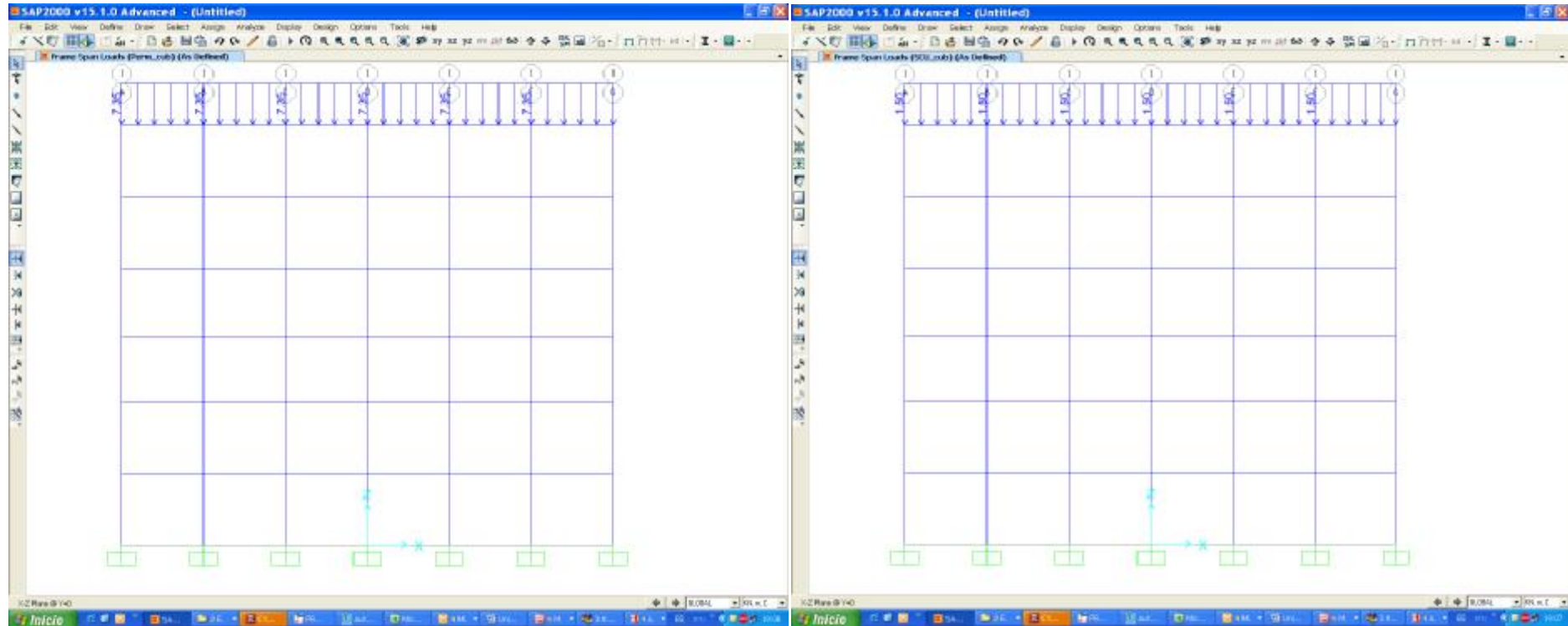


Con la orden de selección vista anteriormente procederemos a asignar las distintas cargas a todas las vigas:



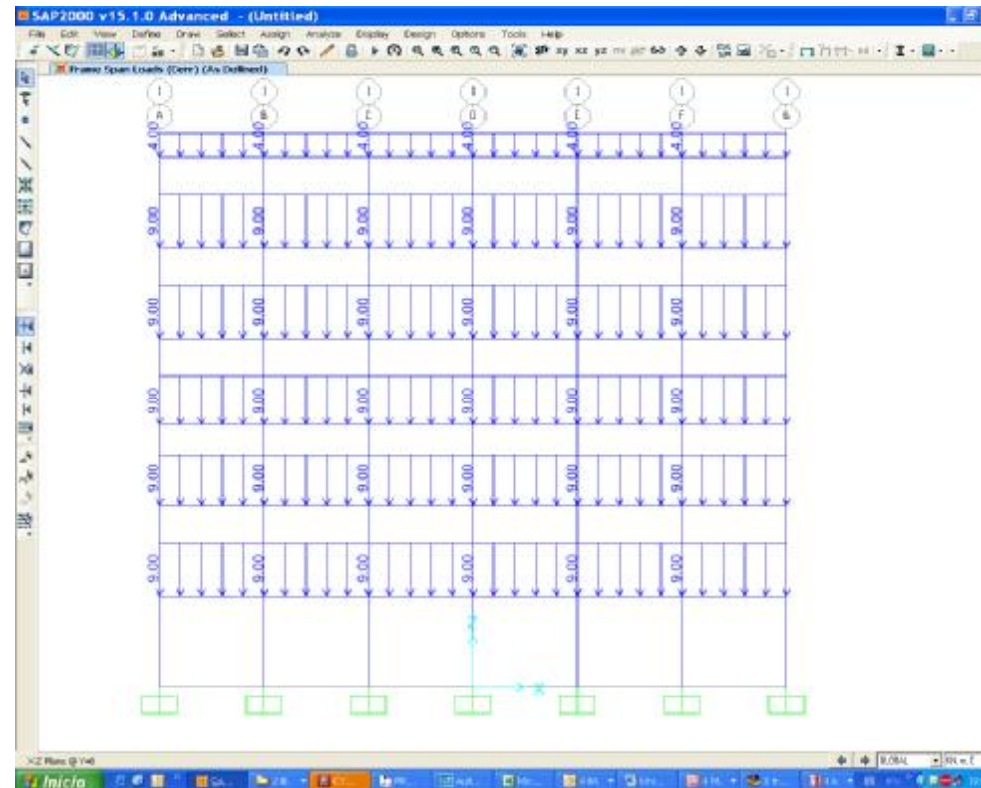
Cargas permanentes y sobrecarga en plantas de vivienda.

Una vez asignadas se recomienda visualizar su entrada mediante el comando [Display/Show load Assigns/Frames](#)



Cargas permanentes y sobrecarga en planta de cubierta.

Una vez asignadas se recomienda visualizar su entrada mediante el comando [Display/Show load Assigns/Frames](#)



Cargas de cerramiento en la fachada.

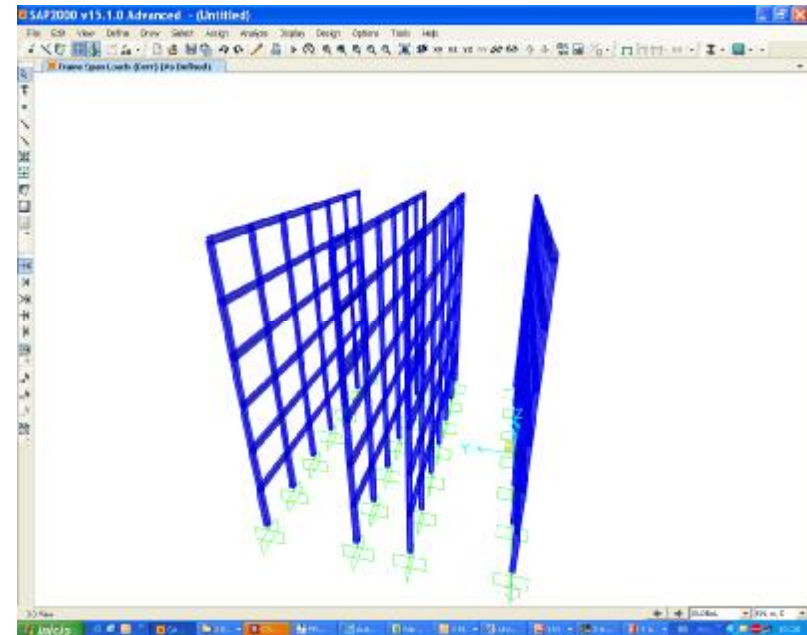
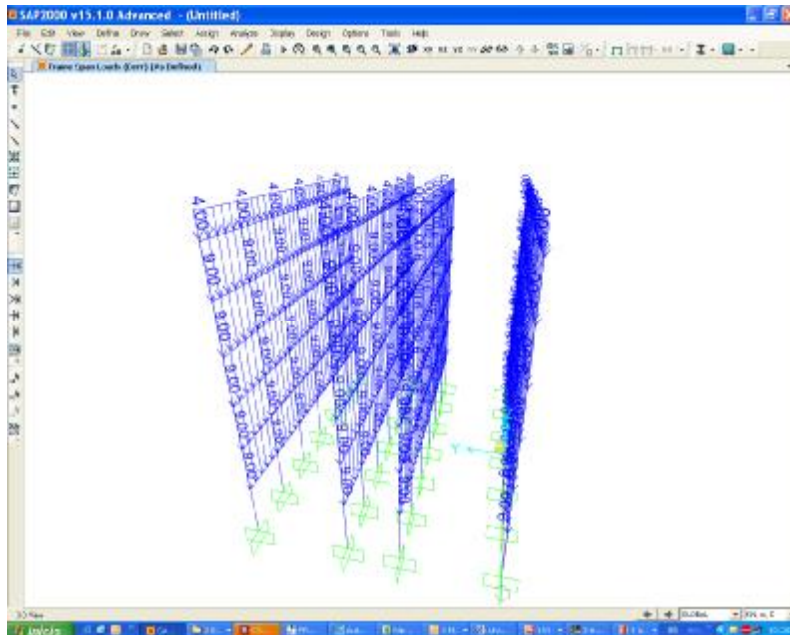
Una vez asignadas se recomienda visualizar su entrada mediante el comando [Display/Show load Assigns/Frames](#)



1.5) Definición completa del modelo.

1.5.1. Generación de pórticos similares al ya definido.

Mediante la orden Edit/ REPLICATE procederemos a copiar el pórtico ya definido tantas veces como sea necesario. Salvo por el paño de forjado que representa el desembarco de la escalera, en la estructura tenemos cuatro pórticos iguales al definido, ya incluso con las cargas:





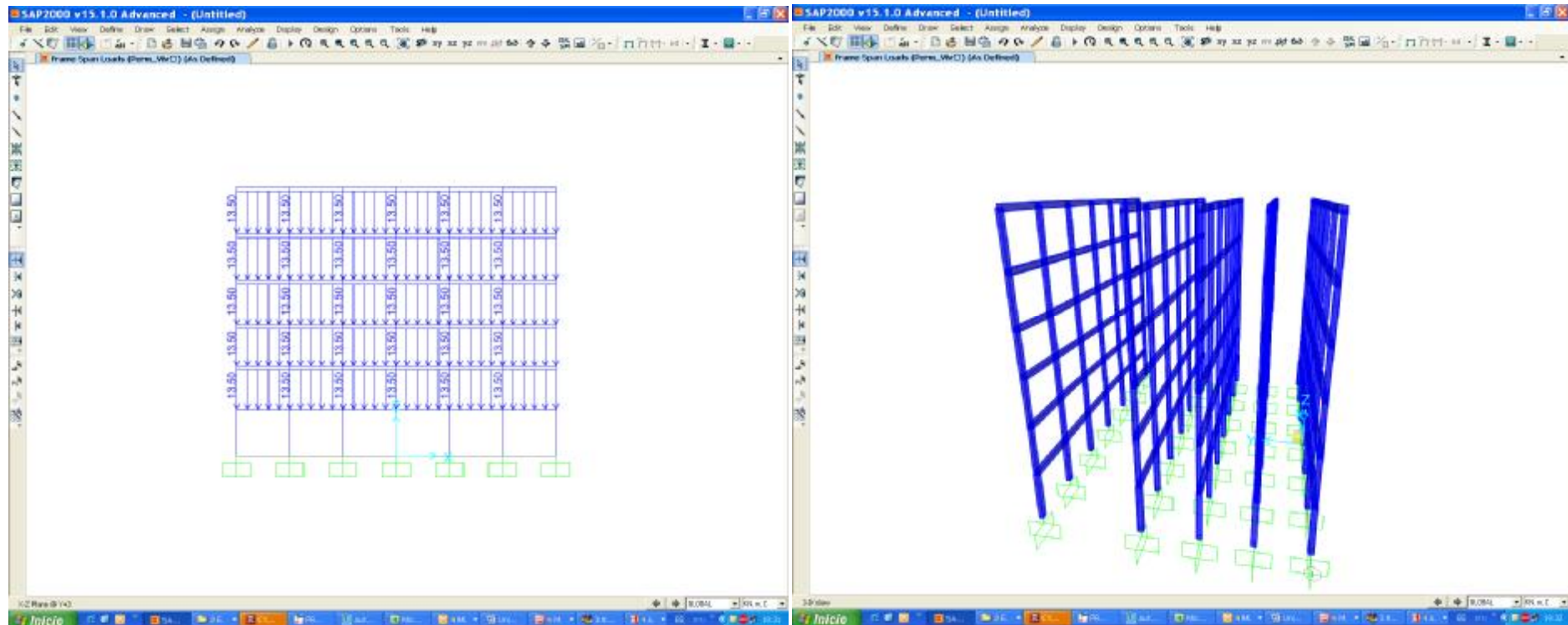
1.5.2. Generación de pórticos paralelos al inicialmente definido e interiores

Con respecto a los pórticos interiores procederemos a realizar una nueva copia de los anteriores, pero a diferencia de antes será necesario asignar de nuevo las cargas. De acuerdo a la idea de seguir siendo ordenados volvemos a precalcular las acciones que le corresponde a las vigas de estos pórticos:

Carga SAP2000	Valor (KPa)	At (M)	Carga lineal (KN/m)
Perm_Viv	4.5	3	13.5
Perm_cub	4.9	3	14.7
SCU_viv	2	3	6
SCU_cub	1	3	3
Cerr,fachada			0
Cerr,Peto			0



Copia de pórticos extremos para generación de pórticos interiores y asignación de nuevas cargas.



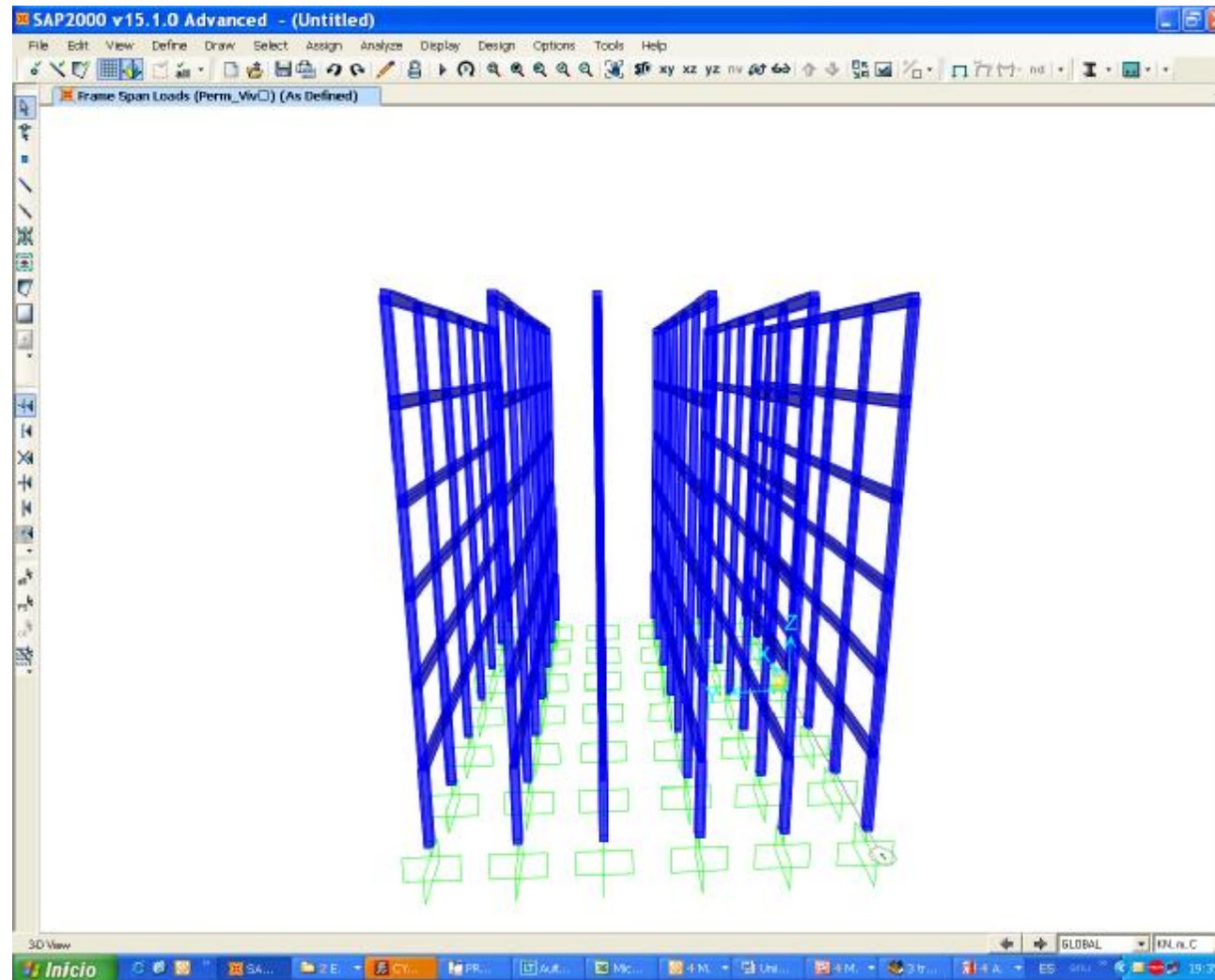
Una vez definida las cargas en un solo pórtico basta con copiar el simétrico a una distancia de 9.35 m.

MASTER EN ESTRUCTURAS DE LOS
EDIFICIOS Y SU REHABILITACIÓN.
EUATM-UPM.



CURSO DE SAP2000:
UNIDAD 1. Introducción al programa y Generación
de modelos estructurales.

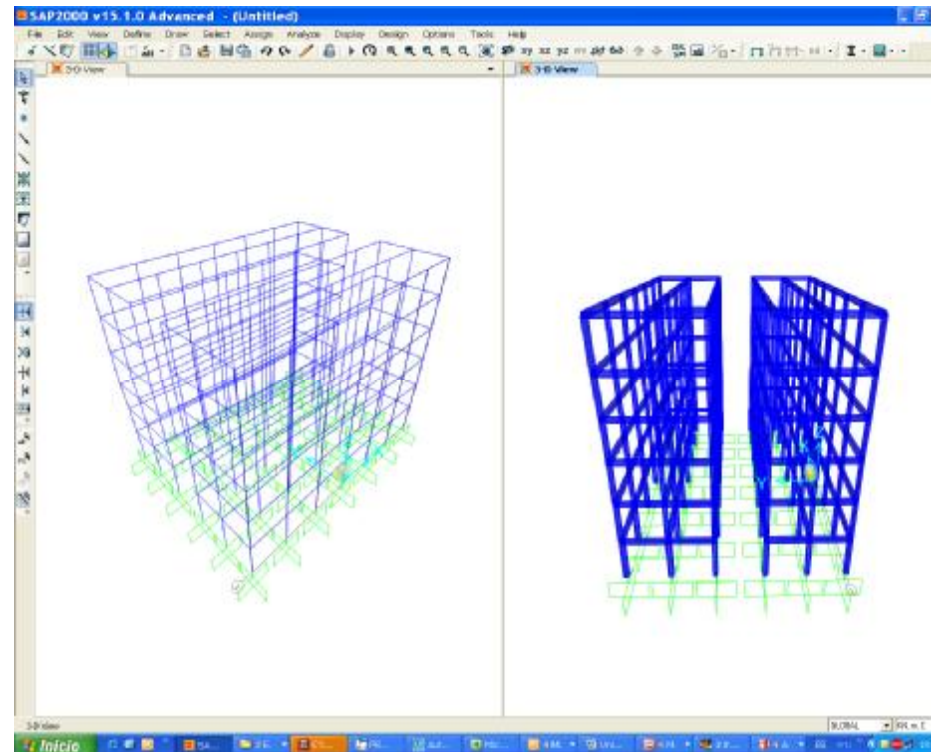
Sergio Rodríguez Morales
Arquitecto Técnico
SSTT FCC Construcción





1.5.3. Generación de pórticos de fachada perpendiculares a los principales

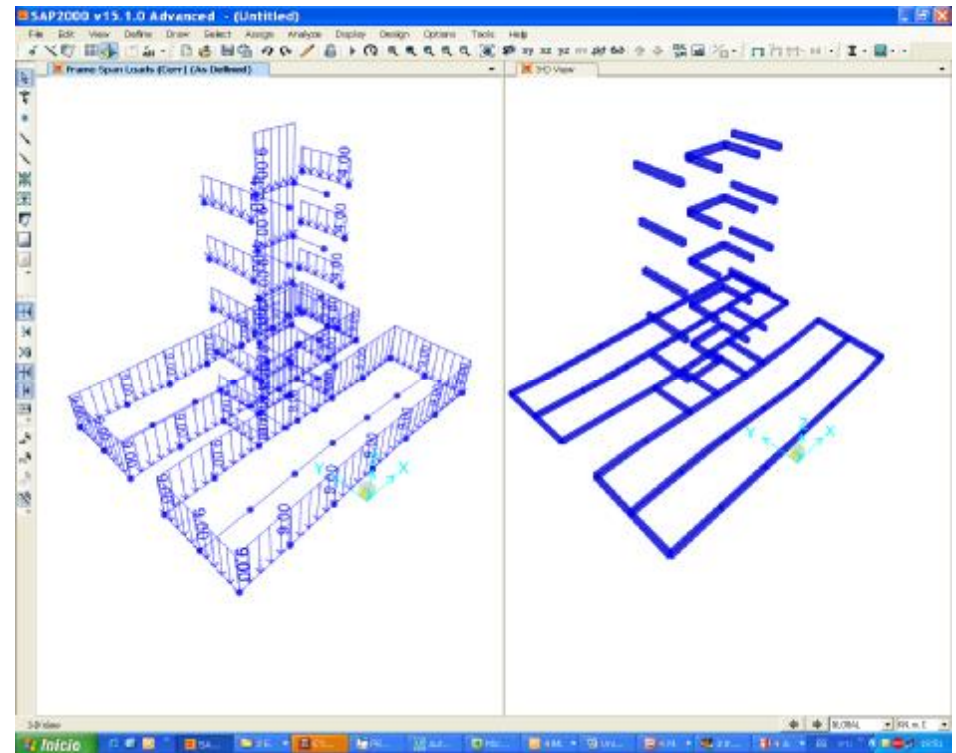
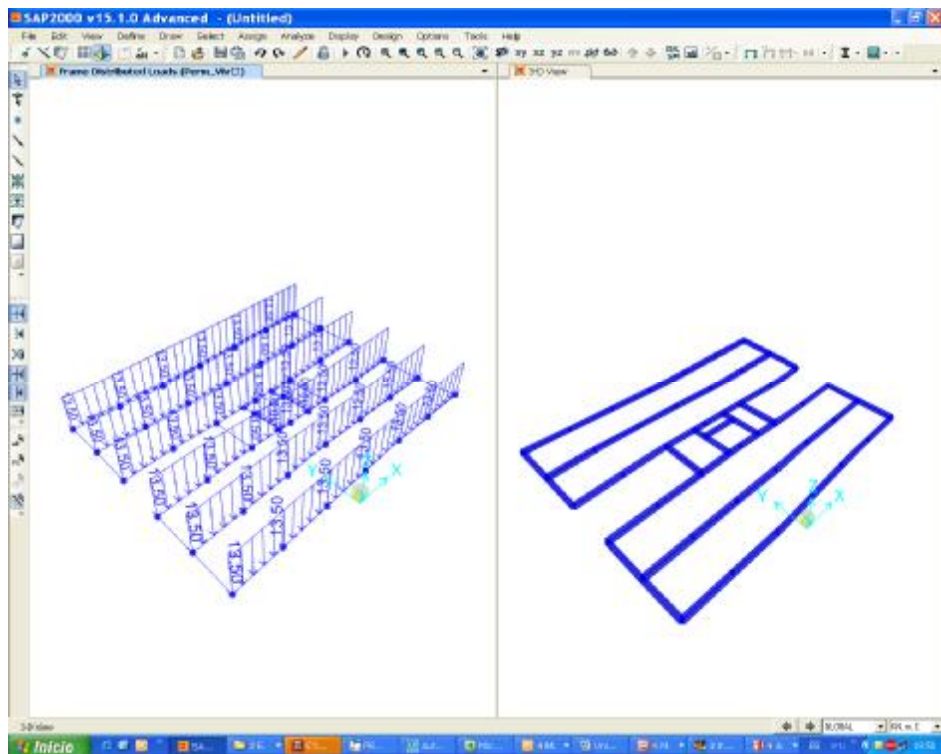
Para ello emplearemos la orden [Draw/frame](#), que consiste en dibujar vigas. Elegiremos una vista del pórtico que queremos completar mediante la orden [View/Set 2d View](#) y procederemos a dibujar las vigas que faltan y asignarle la carga de cerramiento. Una vez completado copiaremos el pórtico al otro extremo.





1.5.4. Generación de vigas para zona de desembarco de escalera

Para ello emplearemos la orden [Draw/frame](#), que consiste en dibujar vigas. Elegiremos una vista de la estructura en planta mediante la orden [View/Set 2d View](#) y procederemos a dibujar las vigas que faltan y asignarle las cargas de forjado. Una vez completado copiaremos las nuevas vigas en altura.

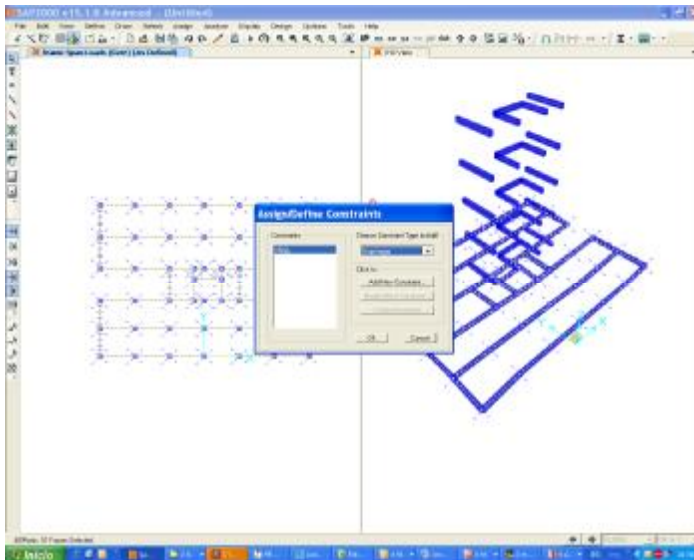




1.5.5. Generación de forjado o "efecto diafragma"

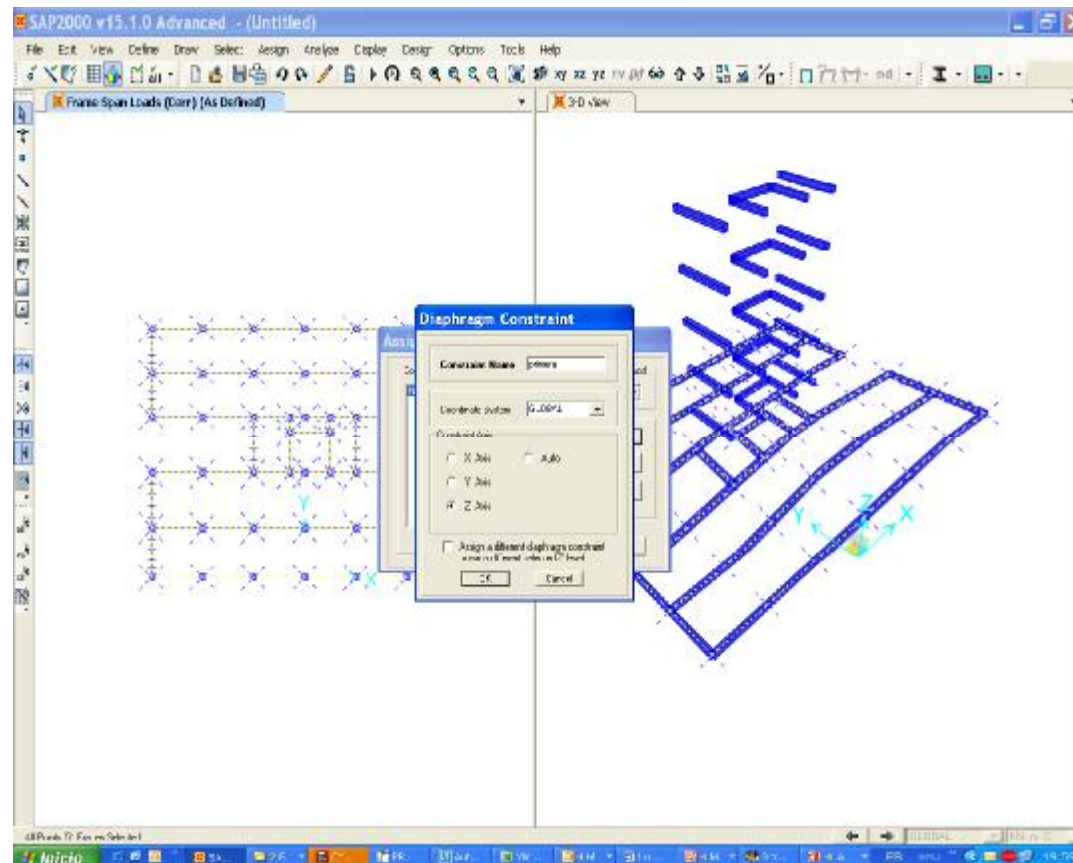
Para conseguir que todas las barras que forman un nivel se comporten de forma solidaria frente a los dos desplazamientos y el giro en el plano horizontal, se usará la orden **JOINTS/Constraints**. Esta operación habrá que hacerla nivel a nivel, de la siguiente forma:

- Selección de todos los nudos de una planta y creación de una nueva "constrait" usando la opción "diaphragm"



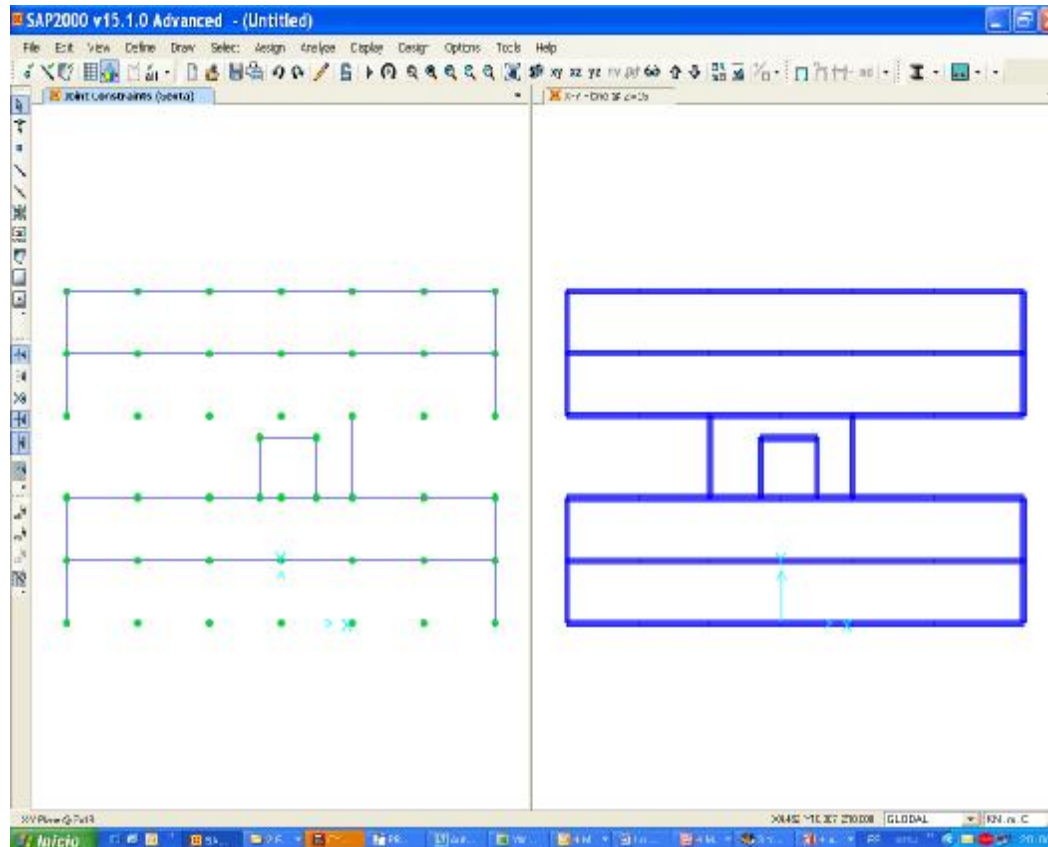


- Se le da el nombre de la planta y se indica el eje perpendicular al plano que forma el diafragma, es decir, en coordenadas globales el eje Z.





- Se procede de igual forma con el resto de niveles, asignándoles la misma propiedad al que al primero y el nombre de la "constraints" de cada planta. La representación de esta función se puede verificar mediante la iluminación en verde de los nudos de la estructura a los cuales ha sido asignados.

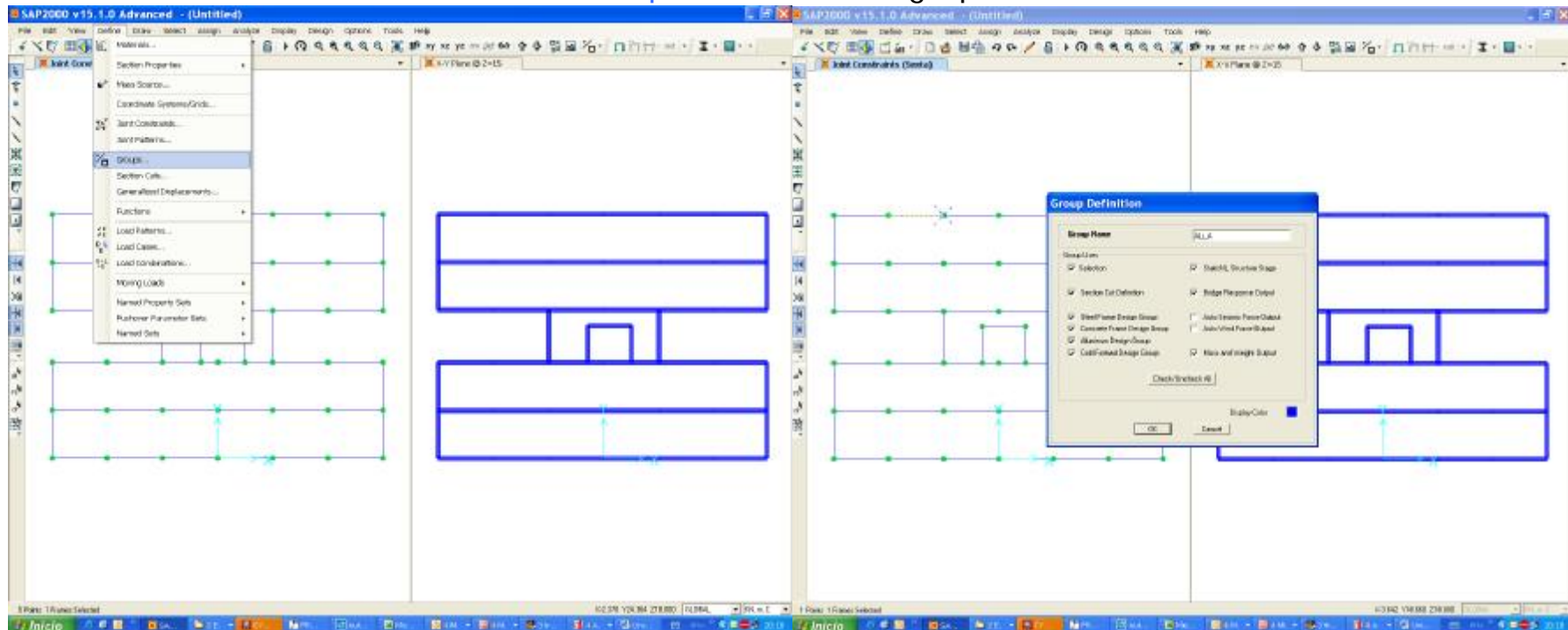




1.5.5. Generación de Grupos mediante la orden "Group"

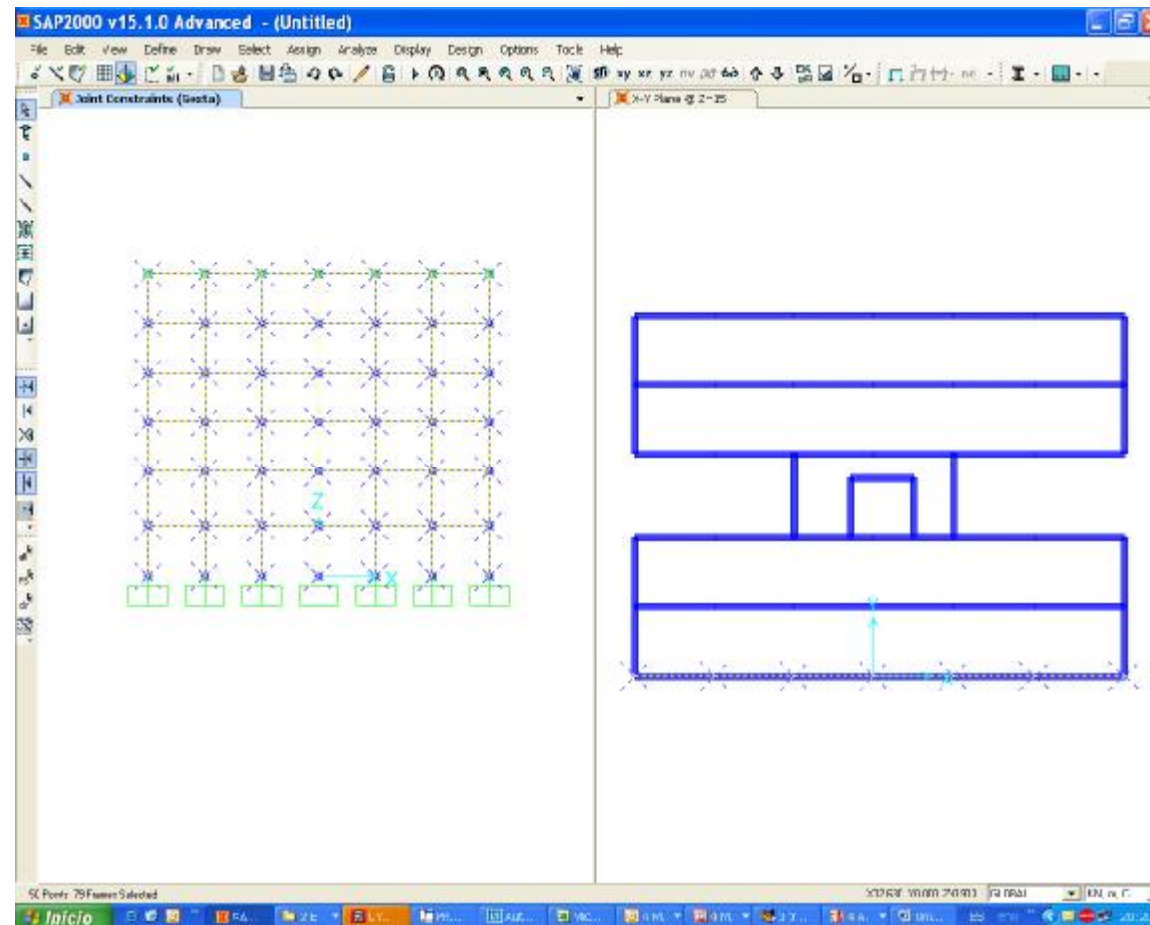
Esta orden resulta muy útil y permite agrupar elementos mediante un mismo nombre, de tal forma que cuando se le llama no haga falta seleccionar uno por uno cada barra o nudo. A modo de ejemplo crearemos el grupo "Ali_A", que forman las vigas y pilares de un pórtico principal de fachada. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Crear mediante la orden **DEFINE/Groups** el nombre del grupo, en nuestro caso Ali_A:



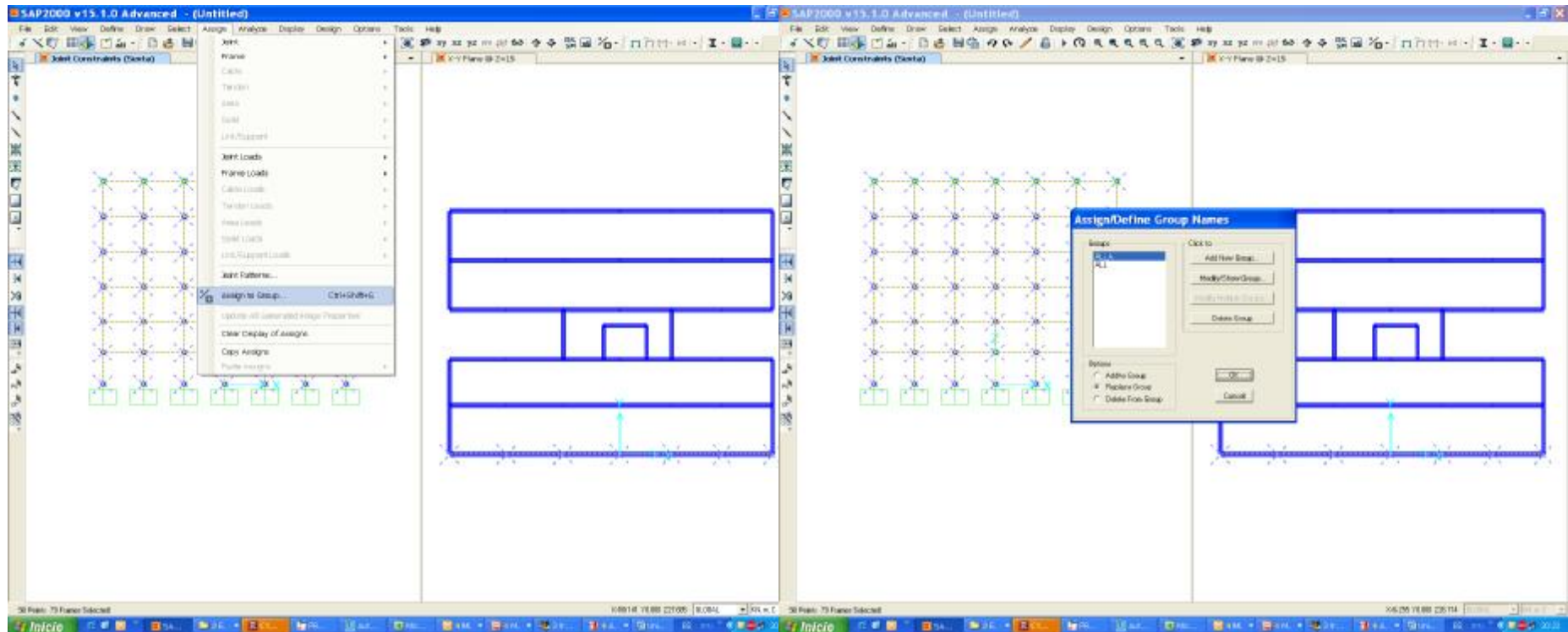


- Seleccionar los elementos que vayan a formar parte del grupo.





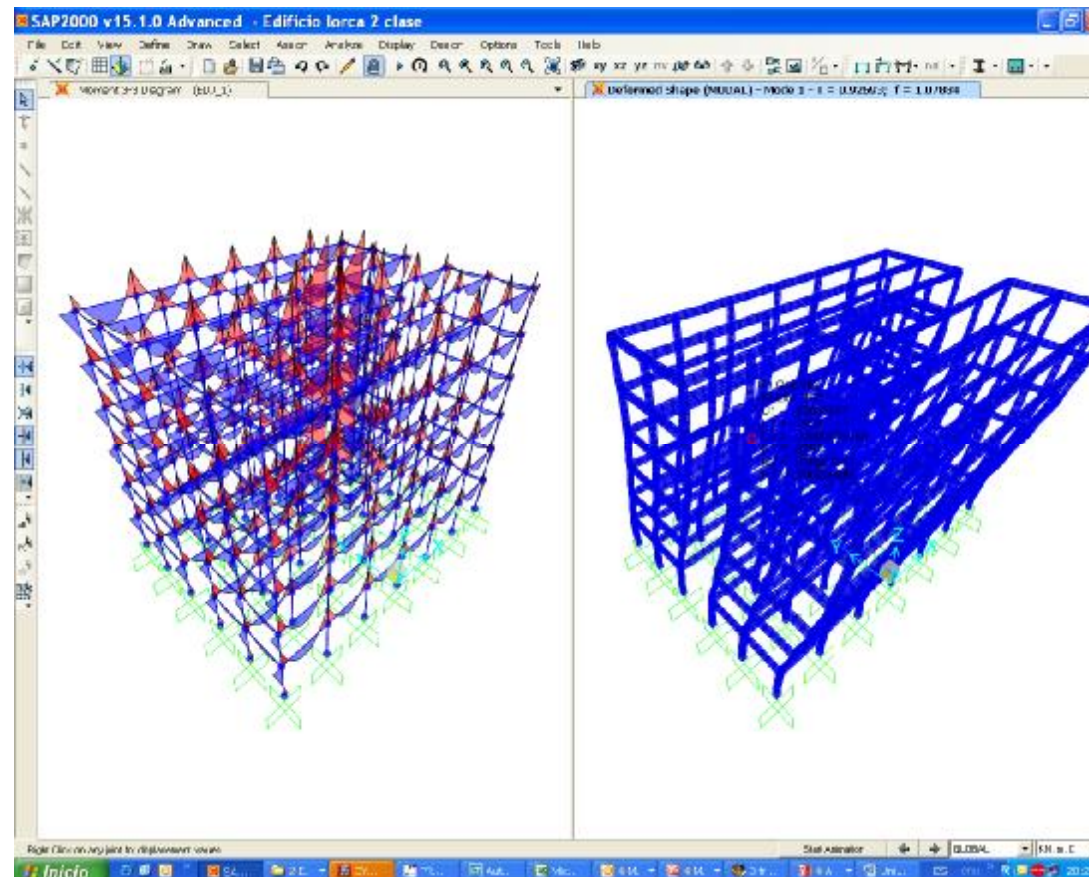
- Asignar los elementos al grupo previamente creado:





1.5. Análisis de la estructura y resultados

Una vez definido el modelo se procede a su cálculo y obtención de resultados



MASTER EN ESTRUCTURAS DE LOS
EDIFICIOS Y SU REHABILITACIÓN.
EUATM-UPM.



CURSO DE SAP2000:
UNIDAD 1. Introducción al programa y Generación
de modelos estructurales.

Sergio Rodríguez Morales
Arquitecto Técnico
SSTT FCC Construcción

**MUCHAS GRACIAS
POR VUESTRO TIEMPO.**

Profesor: Sergio Rodríguez Morales
Dpto. de Estructuras de Edificación de SSTT de FCC Construcción

Correo electrónico:
srodriguezm@fcc.es

MASTER EN ESTRUCTURAS DE LOS
EDIFICIOS Y SU REHABILITACIÓN.
EUATM-UPM.



CURSO DE SAP2000:
UNIDAD 1. Introducción al programa y Generación
de modelos estructurales.

Sergio Rodríguez Morales
Arquitecto Técnico
SSTT FCC Construcción